

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-248180

(43)Date of publication of application : 05.09.2003

(51)Int.Cl. G02B 26/08

(21)Application number : 2002-063443 (71)Applicant : HITACHI METALS LTD

(22)Date of filing : 08.03.2002 (72)Inventor : MAKIO SATOSHI

(30)Priority

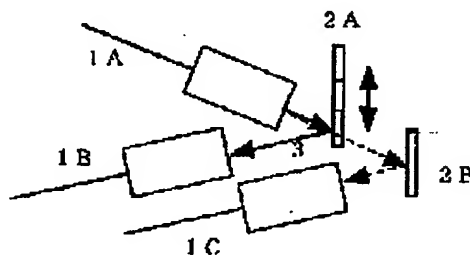
Priority number : 2001389964 Priority date : 21.12.2001 Priority country : JP

(54) OPTICAL SWITCH AND OPTICAL PATH CHANGEOVER DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a miniature optical switch with low loss obtaining highly accurate positioning and high reproducibility.

SOLUTION: The optical switch branches an optical path of an optical beam from an incident optical fiber by a reflection mirror, and changes over the optical path from one of two output optical fibers to the other. The optical switch is provided with two reflection mirrors composed of a fixed mirror and a movable mirror. Optical beam incident angles α_b and α_c in the two reflection mirrors are different ($\alpha_b \neq \alpha_c$), and the angular difference is 0.5° or more.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.11.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3719508

[Date of registration] 16.09.2005

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-248180

(P2003-248180A)

(43) 公開日 平成15年9月5日 (2003.9.5)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 26/08

識別記号

F I

G 0 2 B 26/08

キーワード (参考)

E 2 H 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-63443 (P2002-63443)
(22) 出願日 平成14年3月8日 (2002.3.8)
(31) 優先権主張番号 特願2001-389964 (P2001-389964)
(32) 優先日 平成13年12月21日 (2001.12.21)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

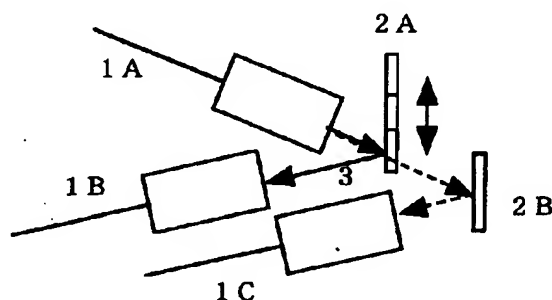
(71) 出願人 000005083
日立金属株式会社
東京都港区芝浦一丁目2番1号
(72) 発明者 牧尾 諭
埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地 日立金属株
式会社先端エレクトロニクス研究所内
Fターム (参考) 2H041 AA14 AA16 AB13 AC04 AZ03
AZ05

(54) 【発明の名称】 光スイッチおよび光路切替装置

(57) 【要約】

【課題】 高精度の位置決めおよび高い再現性が得られる小型で低損失の光スイッチを提供する。

【解決手段】 入射用光ファイバからの光ビームを反射ミラーによって光路を分岐させて、2本の出力用光ファイバのいずれか一方からもう一方に光路を切替える光スイッチであって、固定式ミラーと可動式ミラーで構成される2枚の反射ミラーを備え、前記2枚の反射ミラーにおける光ビーム入射角度 α_b と α_c が異なり ($\alpha_b \neq \alpha_c$)、その角度差が0.5°以上である光スイッチを用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射用光ファイバからの光ビームを反射ミラーによって、2本の出力用光ファイバのいずれか一方に入射させることにより光路を切替える光スイッチであって、2枚の反射ミラーを備えることを特徴とする光スイッチ。

【請求項2】 請求項1に記載の光スイッチにおいて、前記出力用光ファイバのいずれか一方からの光ビームを反射ミラーで反射して、前記入射用光ファイバに入射させることにより、入出力ファイバの関係を反対にしたことを特徴とする光スイッチ。

【請求項3】 前記2枚の反射ミラーのいずれか1枚は固定式ミラーであることを特徴とする請求項1または2に記載の光スイッチ。

【請求項4】 前記2枚の反射ミラーにおける光ビーム入射角度 αb と αc が異なり($\alpha b \neq \alpha c$)、その角度差が 0.5° 以上であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の光スイッチ。

【請求項5】 前記2枚の反射ミラーの光ビームの入射角度が 20° 以下であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の光スイッチ。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれかに記載の光スイッチを複数個用いて多段接続することにより、 $N \times M$ 光スイッチを構成することを特徴とする光スイッチ。

【請求項7】 請求項1乃至5のいずれかに記載の光スイッチの構成を備え、且つ N 個の光路切替えを行なう $N \times 2N$ 光スイッチであることを特徴とする光スイッチ。

【請求項8】 請求項1乃至7のいずれかに記載の光スイッチを搭載することを特徴とする光路切替装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光通信等の光ファイバ伝送路中に挿入されて、伝送路を切り替えるための光スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、光スイッチはこれまで多くのタイプのスイッチが提案されている。そのうち、メカニカルスイッチとしては、特開昭63-313111号公報に開示される図8に示すような入射光ファイバ1Aに付加された磁性膜5を磁気コイル4により直接駆動して入射光ファイバ1Aから出力光ファイバ1Bへの光路3を出力光ファイバ1Cへ切替える構造の光ファイバ可動型 1×2 光スイッチが提案されている。光ファイバ1A、1B、1Cはホルダー6Aおよび6Bに固定されており、磁気コイル4の外周部に設けられた永久磁石7の磁力により入射光ファイバ1Aの磁性膜5は自己保持される。

【0003】また、ミラーやプリズム等の微小光学素子を駆動して光路を切替える特開昭54-162551号公報および特開昭55-87107号公報に開示される図9、図10に示すような微小光学素子可動型 1×2 光

スイッチも開示されている。図9の光スイッチでは反射ミラー2の反射面を中心とした円周上に 120° 間隔で光ファイバ1A、1B、1Cが配置されている。入射光ファイバ1Aからの光路3は光ファイバに付加されたレンズによる光学系により平行ビームとして出射され、反射ミラー2で反射して出力光ファイバ1Bに入射結合出力される。反射ミラー2の回転角度を制御することによりそれぞれの光ファイバを選択する。図10では入射光ファイバ1Aを中心とする円周上に出力光ファイバ1B、1C、1D、1E、1F、1Gを配置して、入射光ファイバ1Aからの光路3は光ファイバに付加されたレンズによる光学系により平行ビームとして出射され、2つの 45° の反射ミラー2で反射することで折り返され、出力光ファイバ1Bに入射結合出力される。反射ミラー2の回転角度を制御することにより、それぞれの出力光ファイバを選択する。従来の微小光学素子可動型スイッチにおけるプリズムやミラーはパルスモータ等により機械的回転角度および位置を制御していたが、光通信に用いられる光ファイバの結合ではサブミクロンオーダーでの位置合わせが必要となるためにパルスモータ等による位置制御では、 0.5° 程度の回転角度精度であるために再現性に乏しく損失の増加をまねいていた。また、常にモータに電界を印加する必要があり、常時電力を必要としていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の図9等に示すような微小光学素子可動型スイッチにおけるミラー等の反射手段の回転角度が大きい場合には、光ファイバを放射状に配置しているために光スイッチの設置面積が大きくなる等の問題がある。図11の比較例の光スイッチでは反射ミラー2の回転角 θ で光ビームをAからBまたはCに振り分ける構成をとっている。回転角度 θ が小さいと反射ミラー2と光ファイバの距離は長くする必要があり、光スイッチが大きくなってしまふ。また、図11に示すような反射手段の回転のみによる従来の光スイッチの場合には常にミラーが動いており、その回転角度を精度良くあわせる必要があった。本発明の目的は、従来のこのような課題を解決し、高精度の位置決めおよび高い再現性が得られる小型で低損失の光スイッチを製造することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の光スイッチは、入射用光ファイバからの光ビームを反射ミラーによって、2本の出力用光ファイバのいずれか一方に入射させることにより光路を切替える光スイッチであって、2枚の反射ミラーを備えることを特徴とする。なお、入射用光ファイバは、入力用光ファイバと称することもある。

【0006】本発明の他の光スイッチは、2本の入射用光ファイバのいずれか一方からの光ビームを反射ミラーによって光路変更させて、1本の出力用光ファイバに光

路を接続する光スイッチであって、2枚の反射ミラーを備えることを特徴とする。すなわち、前段落[0005]に記載の光スイッチにおいて、出力用光ファイバのいずれか一方からの光ビームを反射ミラーで反射して、前記入射用光ファイバに入射させることにより、入出力ファイバの関係を反対にした構成に相当する。

【0007】上記いずれかの光スイッチにおいて、2枚の反射ミラーのうち1枚は動かない固定式ミラーであることが望ましい。すなわち、前記2枚の反射ミラーは、固定式ミラーと可動式ミラーで構成される。また、前記2枚の反射ミラーにおける光ビーム入射角度 αb と αc が異なり($\alpha b \neq \alpha c$)、その角度差が 0.5° 以上であることが望ましい。また、前記2枚の反射ミラーの光ビームの入射角度が 20° 以下であることが望ましい。また、上記いずれかの光スイッチには、光路を切替えるために、一方の反射ミラー(可動式ミラー)を動かすための駆動装置を設けるものとする。

【0008】上記本発明に係る光スイッチを複数個用いて多段接続することにより、 $N \times M$ 光スイッチを構成することができる。多段に接続することで 1×2 より分岐の多い光スイッチを構成することができる。この場合、 $N < M$ の関係があり、 N は1以上の整数であり、 M は3以上の整数である。この明細書において、“ $N \times M$ 光スイッチ”とは、光を入力することができる入力端を N 個有して、光を出力することができる出力端を M 個有する光スイッチに相当する。多段に接続するという用語は、ある 1×2 光スイッチの少なくとも一方の出力光ファイバを、他の 1×2 光スイッチの入射光ファイバに接続して、光路を切替えるための分岐の数を増やすことに相当する。

【0009】上記本発明に係る光スイッチの構成を備え、且つ N 個の光路切替えを行なう $N \times 2N$ 光スイッチである光スイッチを構成することができる。 N は2以上の整数である。この光スイッチは次のようなタイプの光スイッチを包含する。第1のタイプは、上記本発明に係る 1×2 光スイッチを N 個並列させ、各々の光路切替えを独立して行うことができる $N \times 2N$ 光スイッチである。第2のタイプは、上記本発明に係る光スイッチの構成を備え、且つ一組の固定式ミラー及び可動式ミラーにより N 個の光路切替えを同時に行なう $N \times 2N$ 光スイッチである。なお、これらの $N \times 2N$ 光スイッチや、多段接続した $N \times M$ 光スイッチは、本発明に係る小型化した光スイッチを基に組合わせて作製するため、従来の光スイッチを組合わせた光スイッチに比べて全体を小型化することができる。

【0010】本願の構成によると、図2に示すように、2枚の反射ミラー2A、2Bの各々における光ビーム入射角度 αb 、 αc が異なり($\alpha b \neq \alpha c$)、その角度差が 0.5° 以上であり、その反射ミラーの光ビームの入射角度が 20° 以下である光スイッチを構成することがで

きる。角度差は $(\alpha b - \alpha c)$ の絶対値で表わす。なお、一方の反射ミラーにおける光ファイバ間の光路差と、他方の反射ミラーにおける光ファイバ間の光路差は等しいことが望ましい。このように角度差や入射角度を規定することにより、光路を接続するための精度を得るとともに、光スイッチの小型化を図ることができる。例えば、入射角度を 90° にすると、部品間の間隔が離れて光スイッチ全体の構成が大きくなり、小型化には適さない。なお、本発明の 1×2 光スイッチの小型化により、 $N \times M$ 光スイッチの小型化も実現することができる。

【0011】これまでのミラー駆動型光スイッチでは、常にミラーが大きく動いており、その位置及び回転角度に高い精度を必要としていた。本発明では反射ミラーを2枚用いて、固定式ミラーによる光路と、その光路を可動式ミラーで遮り異なる方向に反射させた光路を備える。固定式ミラーによる光学系では位置的に安定であり、可動式ミラー動作時は単純な動作のため、位置や角度に高い精度と再現性を得ることができる。

【0012】本発明の光路切替装置は、本願に係る上記いずれかの光スイッチを搭載することを特徴とする光路切替装置である。例えば、アドドロップマルチプレクサ(OADM: Optical Add Drop Multiplexer: 分岐挿入装置)もしくはクロスコネクト(OXC: Optical Cross Connect)等の機能を有する光路切替装置に本願の光スイッチを備える。ここで、OADMは、伝送経路の途中で特定の波長の光を取り出して地域系のネットワークに割り当てるものであり、OXCは、他の幹線系と交差する地点で各波長の信号を振り分けるものである。また、本願の他の光路切替装置は、本願に係る上記いずれかの光スイッチを搭載するとともに、電子回路もしくは電気回路を有する。前記電子回路もしくは電気回路は、光路の切替を制御するための制御回路(例えば、ドライバーICやOPアンプを用いる)、光ファイバがどちらの光路に切替えられているかを検出する位置検出回路、駆動装置に電流を供給する回路もしくは電源等である。なお、切替のために、光スイッチに備えた駆動装置に駆動電流を流すが、この駆動電流の向きを一方のみとすることで、駆動電流の向きを反転する必要のある光スイッチに比べて、駆動回路や制御回路を簡略化し、光路切替装置全体の小型化に寄与する。例えば、駆動装置に電磁コイルを用いると、切替えを行うためには電流の向きを正負反転させる。これに対して、駆動装置にリレー等を用いると、切替えを行うためには電流のON・OFFで済む。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る実施例を説明する。ただし、これら実施例により本発明が限定されるものではない。なお、類似の部品については同じ符号で説明する。

(実施例1) 図1は本発明に適用する1×2光スイッチの一実施例に係る平面図である。光路の切替え部分のみを概略的に図示した。この光スイッチは、入射光ファイバ1 Aからの光ビームを固定式反射ミラー2 Bで反射させることにより、光路を出力光ファイバ1 Cに結合させる。このときの光路を点線矢印で示す。可動式反射ミラー2 Aが光路を遮るように移動すると、可動式反射ミラー2 Aにより入射光ファイバ1 Aからの光ビームが反射され、光路3は出力光ファイバ1 Bに結合される。このときの光路を実線矢印で示す。この光スイッチでは、入射光ファイバ1 Aと出力光ファイバ1 B間の距離と、入射光ファイバ1 Aと出力光ファイバ1 C間の距離は、それぞれ等しい。すなわち光路長が等しい。各々の光ファイバは、光路の切替を行なう側の先端にコリメータを装着してある。入射光ファイバの端における光の発散がコリメータによって抑制され、入射光ファイバから出た光が効率よく出力光ファイバに導かれる。各々の図面において便宜的に光ファイバを線で図示したが、これは光ファイバ外径の寸法を示すものではない。

【0014】図2は、図1の詳細を説明するための拡大平面図であり、反射ミラーと光路の関係を詳細に示すものである。入射光ファイバ1 Aからのビームが固定式反射ミラー2 Bで反射されて、光路3 (矢印で表示) が出力光ファイバ1 Cに接続される。このとき、ビームの入射角=反射角= αc とした。次に、可動式反射ミラー2 Aを光路に移動・配置することにより、入射光ファイバ1 Aからのビームが可動式反射ミラー2 Aで反射されて、光路3が出力光ファイバ1 Bに接続される。この際、ビームの入射角=反射角= $\alpha b < \alpha c$ とした。図2中の点線は、各々の反射ミラーの鏡面における垂線を示す。符号1 A, 1 B, 1 Cは、図1のように、光ファイバが光路の延長線上にあることを示す。

【0015】実施例1による光スイッチの概略構造を図3の平面図に示す。可動式反射ミラー2 Aは駆動部8に設置されている。駆動部8は、バーを支柱で支えたシーソー型とした。固定と駆動の方法は、電磁コイル9 A、9 Bにお互いに反対向きの電流を流すことで、シーソー型のバー (中央に支点を有する軟磁性体) を吸引または反発させることにより、駆動部を回転させて、バーの端に設けた可動式反射ミラー2 Aを光路上に入り出させるというものである。支柱の他端はケース10に固定した。バーが電磁コイル9 Aに吸引されている状態を実線で表示し、バーが電磁コイル9 Bに吸引されている状態を点線で表示する。電磁コイルに外部から電流を供給する導線や、導線を接続すべくケースに設けた電極端子については、図示を省略した。光路切替えの構造を覆うケース10の寸法は幅14 mm、長さ16 mm、厚さ8.5 mmとした。

【0016】実施例1では入射光ファイバからミラーへ入射するビームの入射角度 αb を 8° に設定した。な

お、角度が 20° 以上となると、切替時間が長くなるのと挿入損失の偏光依存性が大きくなるため、 20° 以下であることが必要とされる。また、可動式反射ミラー2 Aと固定式反射ミラー2 Bについて入射するビーム角度差を設けることで出力光ファイバ1 Bと出力光ファイバ1 Cの重なりが無くなり、光路配置を小型化するとともに、容易に調整しやすくなる。本実施例では反射ミラーと光ファイバとの距離によるが、ビーム角度差を 5° とし、入射角度 αc を 13° とした。この光スイッチの挿入損失は0.65 dB以下となった。低損失で高精度の位置決めができる小型の光スイッチを作製することができた。

【0017】図4、図5に実施例1の光スイッチの切替特性を測定した結果を示す。図4は固定式反射ミラー2 Bによる光路の場合で、駆動部に印加したパルス電圧と出力光ファイバ1 Cの光出力のグラフである。図5は可動式反射ミラー2 Aによる光路の場合で、駆動部に印加したパルス電圧と出力光ファイバ1 Bの光出力のグラフである。双方とも、横軸は時間であり、図中の上の波形は印加したパルス電圧に相当し、図中の下の波形は出力光ファイバから得られた光の強さ (光出力) に相当する。パルス電圧を電磁コイルに印加すると、すなわち電磁コイルに電流を流すと、磁界が発生してバー及び可動式反射ミラーが駆動される。図4の切替特性において、初期変動は全く無く安定な切替動作が得られていることがわかる。それぞれ5 V、5 msの切替入力として印加したパルス電圧に対して、約3 ms以下の切替時間で光出力が得られていることがわかる。0.5 s (秒) 毎の繰り返し切替テストの結果を図6のグラフに示す。図6で横軸は指数表示した切替回数 (回) であり、縦軸は出力光ファイバにおける挿入損失 (dB) を表わす。印加パルスは5 V、10 msであり、周期0.5 sである。出力光ファイバ1 B及び1 Cともに、20万回以上の切替を行っても挿入損失の変化は0.1 dB以下であり、安定な動作が得られていることがわかる。

【0018】実施例1の光スイッチは挿入損失1 dB以下と低損失で切替時間3 msと高速である。また、20万回以上の繰り返し再現性として挿入損失1 dB以下の低損失で再現性の高い光スイッチとして実現された。

【0019】(実施例2) 実施例1の光スイッチについて、光路の向きを逆にして使用することにより、2つの光源の出力信号を1つの光測定装置で交互に測定する光スイッチとして使用することができた。詳細を説明する。まず、光源として2つの発光ダイオードを用い、各々の発光を出力光ファイバ1 B、1 Cに導入した。次いで、光ファイバ1 Bから出た光を可動式反射ミラー2 Aで反射させて光ファイバ1 Aに入射させ、光ファイバの他端に接続した光測定装置に導いて、第2の発光ダイオードの光の波長と強度の関係を測定した。このとき、光ファイバ1 Cから出た光は可動式反射ミラー2 Aの裏面

で遮られた。次いで、光スイッチに駆動電流を通电して可動式反射ミラー2Aを引き込ませて、光ファイバ1Cから出た光を固定式反射ミラー2Bで反射させて光ファイバ1Aに入射させ、光ファイバの他端に接続した光測定装置に導いて、第2の発光ダイオードの光の波長と強度の関係を測定した。このとき、光ファイバ1Bから出た光は固定式反射ミラーの端で反射されるが、光ファイバ1Aには入射されなかった。光ファイバ1Aに入射されない方の光が迷光にならないように、光路に直接関係しない部位やケース10の内壁につや消し塗料を塗布しておいた。次に、各々の発光ダイオードに流す電流を増加させて、同様の方法で光路を切替えて、1つの光測定装置で2つの発光ダイオードの光特性を順に測定した。このように、実施例2では、同じ測定装置で時間を置かず順に測定するため、測定装置の精度や発光ダイオードと室温の關係に影響されることがなく、2つの発光ダイオードの光特性を比較することができた。

【0020】(実施例3) 図3の構成において、シーソー型の駆動部を平行移動型の駆動部に置き換えることにより、実施例3の光スイッチを構成した。平行移動型の駆動部は、板状のバーを平行移動させることができるリレーと、バーの側面に設けた反射ミラー面で構成した。光路を遮るようにバーを突出させたとき、入射光ファイバからのビームは反射ミラー面で反射されて出力光ファイバ1Bに接続される。バーを引き込んだとき、ビームは固定式反射ミラー2Bで反射されて出力光ファイバ1Cに接続される。実施例3の光スイッチは、実施例1と同様に、繰り返し再現性が高く、挿入損失1dB以下になった。なお、実施例3の構成は実施例1の構成に比べて、光スイッチ全体の構成をより小型化することができた。反射ミラー面はバーの端面にメッキ膜を施すことで形成したが、軽量且つ薄型のミラーを固着することにより、反射ミラー面を構成することも可能である。ただし、メッキ膜を用いる方がバーの重量増加が少なく、光路を切替える際に、薄型ミラーを用いる構成に比べてより高速な光路切り替えに対応することができる。

【0021】(実施例4) 図7は本発明に適用する光スイッチの一実施例に係る斜視図である。この光スイッチは、図1と同様な光ファイバおよび反射ミラーの構成であるが、入射光ファイバ1Aと2本の出力光ファイバ1B、1Cの組合せによる1×2光スイッチと、入射光ファイバ21Aと2本の出力光ファイバ21B、21Cの組合せによる1×2光スイッチを上下に配置して、一組の可動式反射ミラー2A及び固定式反射ミラー2Bを共通の反射手段として用いたものである。反射ミラーの共通化により、部品点数を低減し、組立ての工数を減らすことができた。この光スイッチの動作を詳細に説明する。可動式反射ミラー2Aが固定式反射ミラー2Bから遠ざけて保持されているとき、入射光ファイバ1Aから出た光は固定式反射ミラー2Bで反射されて出力光ファ

イバ1Cに導かれ、入射光ファイバ21Aから出た光は固定式反射ミラー2Bで反射されて出力光ファイバ21Cに導かれた。可動式反射ミラー2Aを矢印xの向きに沿って移動させて固定式反射ミラー2Bに近づけた状態で保持されているとき、入射光ファイバ1Aから出た光は可動式反射ミラー2A(図では符号2A'で示す)で反射されて出力光ファイバ1Bに導かれ、入射光ファイバ21Aから出た光は可動式反射ミラー2Aで反射されて出力光ファイバ21Bに導かれた。すなわち、一組の可動式反射ミラーと固定式反射ミラーによって、2つの1×2光スイッチを同時に切替えるという機能を備える2×4光スイッチを作製した。同図中、上下の方向は矢印yに沿った向きに相当する。符号2Aおよび2A'の可動式反射ミラーは、一つのミラーの移動前後の状態を図示するものであり、同じミラーが二つある訳ではない。

【0022】なお、実施例4を発展させた他の実施例として、一組の可動式反射ミラーと固定式ミラーに対して、矢印yの向きに沿って、1×2の光ファイバを3組配置することにより、3×6光スイッチを作製することができた。さらに、矢印y方向に沿って可動式反射ミラーと固定式反射ミラーの長さを大きくすれば、1×2の光路切替機構をN個配置して、N×2N光スイッチを得ることも可能である。

【0023】(実施例5) 実施例4では2個の1×2スイッチを同時に切替える構成としたが、実施例1の1×2光スイッチをN個配列する事でN倍の1×2光スイッチを実現できる。実施例5では、実施例1の光スイッチを8個作製し、SUS製の管体内に並列させるように配置し、各々の光ファイバを管体外に出して、入力端が8個有り、出力端が16個有る8×16の光スイッチを作製した。8連のミラー駆動型1×2光スイッチと言える。入力端と出力端は、光ファイバの端に光ファイバー用コネクタを設けたものである。この光スイッチは実施例4とは異なり、駆動装置を別々に操作する制御装置があれば、各々の光路分岐を任意に切替えることができる。なお、並列配置する数を変えれば、4×8の4連光スイッチや12×24の12連光スイッチを作製することが可能である。

【0024】(実施例6) 実施例1の1×2のミラー駆動型光スイッチを3個用いて多段接続し、1×4型の光スイッチを作製した。第1の1×2光スイッチの2つの出力光ファイバの端に、第2及び第3の1×2光スイッチの入射光ファイバの端を各々接続した。この際、光ファイバ接続用のコネクタを介して光ファイバの端同士を接続した。なお、コネクタの使用に代えて、光ファイバー融着装置を用いて光ファイバ同士を直接に接続する方法を用いることも可能である。接続した3個の光スイッチを管体に収めて、第1の1×2光スイッチの入射光ファイバを1つの入力端とし、第2及び第3の1×2光ス

スイッチの出力光ファイバを4つの出力端とすることにより、ミラー駆動型の1×4光スイッチを作製した。

【0025】さらに同様の多段化手法を利用して、実施例6を発展させて、ミラー駆動型の1×8光スイッチ、ミラー駆動型の1×16光スイッチ、ミラー駆動型の1×32光スイッチ等を構成することができた。また、N×M光スイッチを構成する際に、実施例6のようにツリー状の多段接続は必ずしも左右対称である必要はなく、NとMの必要な値に応じて最終段よりも前の段でMの少なくとも1つに相当する出力端を出すように構成することもできる。このような選択により、ミラー駆動型で、1×3光スイッチ、1×7光スイッチ、1×9光スイッチ、1×10光スイッチ、1×12光スイッチ等を構成することができた。

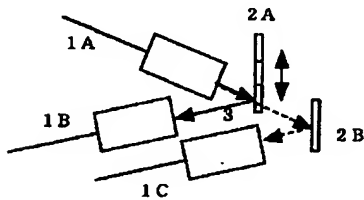
【0026】（実施例7）実施例4のミラー駆動型2×4光スイッチを3個作製し、実施例6の要領で多段接続して、2×8光スイッチを作製した。まず、第1の2×4光スイッチの一方の入力端に対応する2個の出力端に、第2の2×4光スイッチの2個の入力端を接続した。次いで、第1の2×4光スイッチの他方の入力端に対応する残りの2個の出力端に、第3の2×4光スイッチの2個の入力端を接続し、2×8光スイッチを作製した。なお、実施例7をさらに発展させて、1×2光スイッチと、N×2NのN連光スイッチ（N=2、3、4・・・のいずれか）を組合わせて多段接続し、1×2N光スイッチ等を構成することも可能である。

【0027】

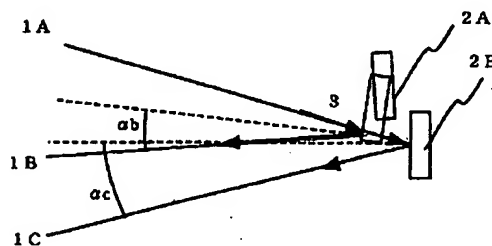
【発明の効果】本発明に係る構成を用いることにより、高精度の位置決めおよび高い再現性が得られる小型で低損失の光スイッチを実現することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】



【図2】



* 【図1】本発明の一実施例の1×2光スイッチを説明する平面図である。

【図2】図1の詳細を説明するための拡大平面図である。

【図3】本発明の光スイッチを説明するための平面図である。

【図4】本発明の光スイッチの切替特性を説明するグラフである。

【図5】本発明の光スイッチの切替特性を説明するグラフである。

【図6】光スイッチの繰り返し切替テストの特性を説明するグラフである。

【図7】本発明の一実施例の1×2光スイッチを説明するための斜視図である。

【図8】従来の光スイッチを説明するための断面図である。

【図9】従来例の光スイッチを説明するための平面図である。

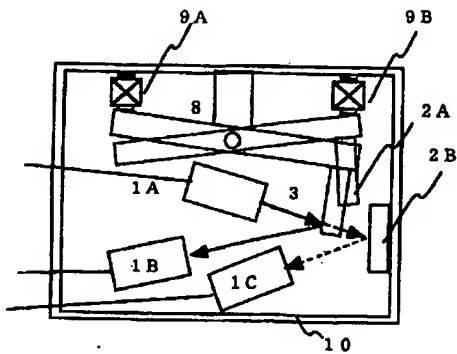
【図10】従来例の光スイッチを説明するための斜視図である。

【図11】比較例の1×2光スイッチを説明するための平面図である。

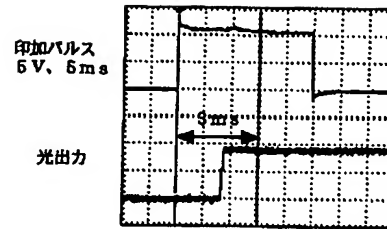
【符号の説明】

1A 入射光ファイバ、1B 出力光ファイバ、1C 出力光ファイバ、1D 1E 1F 1G 出力光ファイバ、2 反射ミラー、2A 可動式反射ミラー、2B 固定式反射ミラー、3 光路、4 磁気コイル、5 磁性膜、6A 6B 光ファイバ固定ホルダー、7 永久磁石、8 駆動部、9A 9B 磁気コイル、10 ケース、21A 入射光ファイバ、21B 出力光ファイバ、21C 出力光ファイバ。

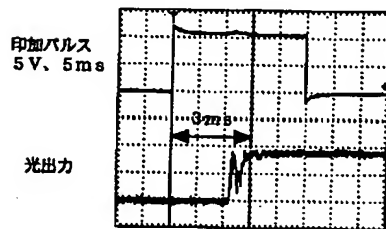
【図3】



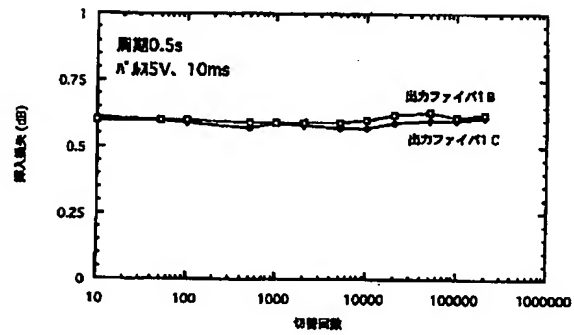
【図4】



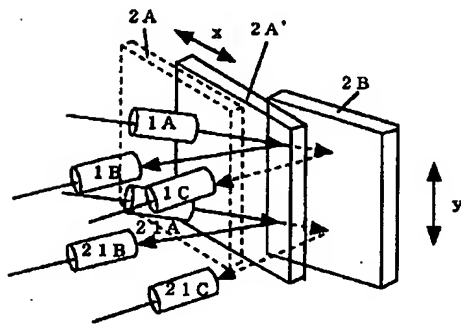
【図5】



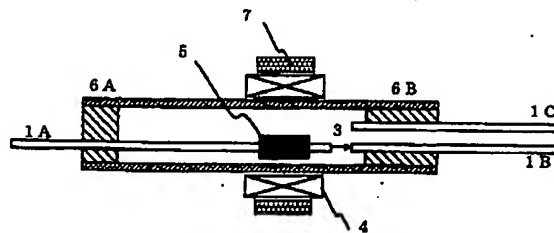
【図6】



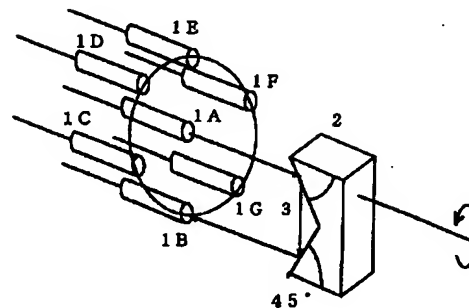
【図7】



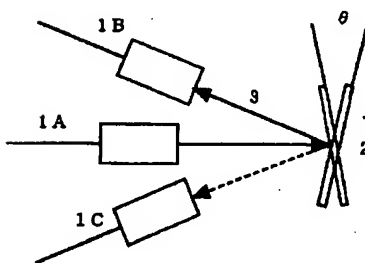
【図8】



【図10】



【図11】



【図9】

